

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08288543 A**

(43) Date of publication of application: **01.11.96**

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00**

(21) Application number: **07085660**

(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(22) Date of filing: **11.04.95**

(72) Inventor: **TAKAHASHI TAKASHI**

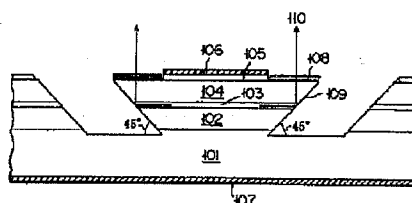
(54) **SUPERLUMINESCENT DIODE**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a high-output superluminescent diode, which can be arrayed two-dimensionally.

CONSTITUTION: A superluminescent diode is provided with a first conductivity type semiconductor substrate 101, a first conductivity type clad layer 102, an active layer 103, a second conductivity type clad layer 104 and a second conductivity type contact layer 105, which are epitaxially grown in order on the substrate 101, electrode 106 and 107, which are respectively formed on the rears of the layer 105 and the substrate 101, and an excitation region, which is formed into a stripe form in the horizontal direction to the substrate 101. Moreover, the diode is provided with a curved waveguide structure, wherein light is emitted by 45-degree reflectors 109, which are provided at the end parts of an element, in the upper direction (or the lower direction) to the plane of the substrate, and is formed into a constitution wherein an antireflection coating 108 is performed on light extraction surfaces parallel to the plane of the substrate.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-288543

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-85660

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

(22) 出願日 平成7年(1995)4月11日

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 高橋 孝志

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

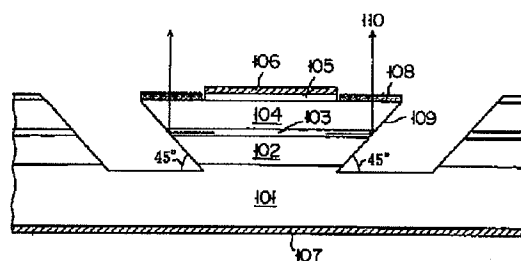
(74) 代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

(54) 【発明の名称】 スーパールミネッセントダイオード

(57) 【要約】

【目的】 2次元アレイ化が可能な高出力のスーパールミネッセントダイオードを提供する。

【構成】 本発明によるスーパールミネッセントダイオードは、第1導電型半導体基板101と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型クラッド層102、活性層103、第2導電型クラッド層104、第2導電型コンタクト層105と、コンタクト層105及び基板101の裏面にそれぞれ形成された電極106、107と、該基板101と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡109により、基板平面に対して上方向（または下方向）に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティング108が施された構成となっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1導電型半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型クラッド層、活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、コンタクト層及び基板裏面にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板平面に対して上方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施されていることを特徴とする

スーパーミネッセントダイオード。

【請求項2】第1導電型半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型クラッド層、該基板よりも禁制帯幅が狭い活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、コンタクト層及び基板裏面にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板を透過して基板平面に対して下方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施されていることを特徴とするスーパーミネッセントダイオード。

【請求項3】半絶縁性半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型コンタクト層、第1導電型クラッド層、該基板よりも禁制帯幅が狭い活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、第1導電型コンタクト層、第2導電型コンタクト層の基板表面側にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板を透過して基板平面に対して下方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施されていることを特徴とするスーパーミネッセントダイオード。

【請求項4】請求項1、2、3記載のスーパーミネッセントダイオードにおいて、素子端部に備えた反射鏡の角度が45度からわずかに傾いていることを特徴とするスーパーミネッセントダイオード。

【請求項5】請求項1、2、3、4記載のスーパーミネッセントダイオードにおいて、ストライプ状の励起領域の軸方向と反射鏡面を形成した素子端面のなす角度が、垂直に対してわずかに傾いていることを特徴とするスーパーミネッセントダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバジャイロ等の光応用計測機器や光LAN（ローカルエリアネットワーク）等の光源として用いられる、高出力のスーパーミネッセントダイオードに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】スーパーミネッセントダイオードは、発光ダイオードとレーザダイオードの両者の特徴を合わせ持った発光素子であるが、発光ダイオードに比べて効率がよく、また変調速度も大きい。一方、発光スペクトル幅が広いためレーザダイオードのような干渉の影響が少ない。スーパーミネッセントダイオードの多くは端面発光型素子であり、その構造においてはレーザ発振を抑制するために様々な方法が提案されている。例えば、

- ①端面に無反射コートをして、戻り光を低減する、
- ②電極の一部を除去し非励起領域を設けて光を吸収させる、
- ③端面とストライプ活性層の方向が直交しない、などが挙げられる。

【0003】ここで、図7は従来技術の一例を示す端面発光型スーパーミネッセントダイオードの断面図である（特開平6-196754号公報参照）。図7に示す構造のスーパーミネッセントダイオードでは、活性層4を下部クラッド層3及び上部クラッド層5で挟んでなるダブルヘテロ構造が基板2上に積層されている。上部クラッド層5のうちの裏側端面9側の一部では、光学的な厚さが発光波長以下である。その発光波長以下の光学的厚さの上部クラッド層5上は、埋め込み層7で埋め込まれている。埋め込み層7では屈折率が活性層4以上であり、エネルギーギャップが活性層4以下である。埋め込み層7の領域が非励起領域Bであり、それ以外の領域に上部電極6が設けてあり、励起領域Aである。このスーパーミネッセントダイオードの非励起領域Bでは、上部電極6が除去されて電流注入がされないことに加えて、上部クラッド層5の光学的厚さが発光波長以下であり、その上に活性層4よりバンドギャップが小さい埋め込み層7が埋め込まれている。そのため、裏側端面9側では、活性層4で発光した光は上部クラッド層5を通過して埋め込み層7にしみ出し、埋め込み層7で大きな吸収を受けるため、レーザ発振が抑制される。

【0004】図8は従来技術の別の例を示す図であって、斜めストライプ構造のスーパーミネッセントダイオードの例である（特開平6-188509号公報参照）。図8（a）はスーパーミネッセントダイオードの斜視図、同図（b）はストライプ部の透視上面図である。図8に示す斜めストライプ構造のスーパーミネッセントダイオードでは、n型GaAs基板11の上にn型GaAsバッファ層12が形成されており、その上にn型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層13、Al<sub>0.98</sub>Ga<sub>0.92</sub>As活性層14、p型のAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第1光ガイド層15、p型Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As第2光ガイド層16が形成されており、電流狭窄のために電流チャンネルとなる窓21以外の領域には、n型Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As電流ブロック層17が形成されている。また、符号18はAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As保護層、19はp型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asクラッド層、20はp型のGaAsコンタク

ト層である。そして、前端面の垂直面に対するストライプ21の角度22は、3度から15度に設定している。そのため、ストライプ内を導波した光は前端面に斜めに入射し、端面から反射して再び前記ストライプ内に戻って導波する光量がほとんどなくなるので、容易にレーザ発振を抑圧することができ、かつ、角度22が15度以下となっているので、前端面において全反射することがなく、前端面から結晶外部へと光が射出される。

【0005】上記の2つの従来例は、端面発光型素子であるが、近年、面発光型素子のスーパーミミネセントダイオードも提案されている（特開平5-218500号公報等）。図9はその一例を示す面発光型スーパーミミネセントダイオードの断面図である。図9において、符号31はn型GaAs基板、30は基板31の上面に形成したGaAsまたはAlGaAsバッファ層、29はバッファ層30上に形成された下部反射素子である。この下部反射素子29はAlAsとAlGaAsの複数の交互の層から成っており、各層は光の1/4波長の厚さを有している。また、符号28は約1000オングストローム（Å）のAlGaAsからなる底部スペーサであり、正孔及び電子を能動層に閉じ込める働きをする。能動層26は底部スペーサ28上にあり、複数の量子井戸によって構成される。能動層26の上には上部スペーサ27が形成されている。ここで、底部スペーサ28、能動層26、上部スペーサ27の合計厚は、1/2波長の倍数に等しく構成されている。出力反射素子24は、上部スペーサ27上に形成されており、層の数が少ない点を除いて下部反射素子29と類似の構造である。符号25は酸素注入部であり、電流を水平方向に所定の領域に閉じ込める働きをする。この素子は、垂直共振器型面発光レーザと同様な構造をしているが、上部及び下部鏡面の反射率は、100%より若干低くなるように設計されており、垂直方向のレーズングを抑制している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】スーパーミミネセントダイオードは、光ファイバジャイロや光LAN等の光源として期待されており、性能向上のためには高出力化が不可欠である。しかしながら、現在、十分干渉性が低く、かつ高出力のスーパーミミネセントダイオードは実用化されていない。第1、第2の従来例（図7、図8）に示した端面発光型スーパーミミネセントダイオードでは、自然放光の増幅率は高いが、面発光ダイオードに比べて光の取り出し面積が小さいという欠点がある。一方、第3の従来例（図9）に示した面発光型スーパーミミネセントダイオードは、2次元アレイ化が容易であり、光取り出し面積を大きくできるが、光射出面の反射率が高いため外部への射出光量が小さくなってしまふ。また、外部への射出光量を大きくするために光射出面の反射率を低くすると、光の増幅距離が短いため十分な自然放光の増幅ができないという問題が生じる。

【0007】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、2次元アレイ化が可能な高出力のスーパーミミネセントダイオードを提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1記載のスーパーミミネセントダイオードは、第1導電型半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型クラッド層、活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、コンタクト層及び基板裏面にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板平面に対して上方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施された構成となっている。

【0009】また、請求項2記載のスーパーミミネセントダイオードは、第1導電型半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型クラッド層、該基板よりも禁制帯幅が狭い活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、コンタクト層及び基板裏面にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板を透過して基板平面に対して下方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施された構成となっている。

【0010】また、請求項3記載のスーパーミミネセントダイオードは、半絶縁性半導体基板と、該基板上に順次エピタキシャル成長された第1導電型コンタクト層、第1導電型クラッド層、該基板よりも禁制帯幅が狭い活性層、第2導電型クラッド層、第2導電型コンタクト層と、第1導電型コンタクト層、第2導電型コンタクト層の基板表面側にそれぞれ形成された電極と、該基板と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を備え、さらに素子端部に備えた45度反射鏡により、基板を透過して基板平面に対して下方向に光を放射する曲り導波路構造を備えており、基板平面と平行な光取り出し面に反射防止コーティングが施された構成となっている。

【0011】そして、上記のスーパーミミネセントダイオードは、素子端部に備えた反射鏡の角度を45度からわずかに傾けたり（請求項4）、ストライプ状の励起領域の軸方位と反射鏡面を形成した素子端面のなす角度を垂直に対してわずかに傾けることもできる（請求項5）。

【0012】

【作用】請求項1記載の構成によれば、基板面と水平方向にストライプ状の励起領域を有しているため、端面発光型スーパーミミネセントダイオードと同様に高い自

然放出光の増幅が可能である。そして、素子端部に備えた45度反射鏡により、基板面の上方向に光を取り出すことができる。そのため、素子端面の両側の光を同一方向へ取り出せる。また、本構造は2次元アレイ化に適しており、2次元アレイにすることにより高出力のスーパーミッソセント光が得られる。本素子は、曲り共振器型半導体レーザと類似の構造となっているが、レーザ発振を抑制しスーパーミッソセント光を取り出すために、光取り出し面に反射防止コーティングを施している。この反射防止コーティングは、従来の端面発光型スーパーミッソセントダイオードのように劈開端面に形成するのではなく、基板平面と平行に形成している。従って、劈開してチップにしてから端面にコーティング膜を形成する必要がなく、基板のままでコーティング形成プロセスができるという利点を持っている。また、光学式膜厚モニターを用いて、コーティング膜の膜厚を制御性よく形成することができる。

【0013】請求項2記載の構成においても、基板面と水平方向にストライプ状に形成された励起領域、素子端部に備えた45度反射鏡、光取り出し面に設けた反射防止コーティングは請求項1の素子と同様である。請求項1の素子と異なっている点は、光を45度反射鏡で曲げて基板の裏面から取り出しているところである。これにより、請求項1の素子に比べて、光取り出し面積を大きくすることができる。また、活性層に用いている材料の禁制帯幅を基板よりも小さくすることにより、基板通過時における光の吸収をなくしている。

【0014】請求項3記載の構成では、請求項2の素子と同様に光を基板裏面から取り出す構造となっている。異なっているのは、基板として第1導電型基板ではなく半絶縁性基板を用いており、第1導電側電極、第2導電側電極の両方を基板の表面側に形成している点である。そのため、光取り出し側である基板裏面には光を遮光する電極がなく、光取り出し面積をより大きくすることができる。

【0015】請求項1、2、3の素子においては、レーザ発振を抑制する手段として、光取り出し面に反射防止コーティングを施している。反射防止コーティングは、完全に反射率を零にすることは困難であり、わずかな反射率であっても励起を強くしていくとレーザ発振が生じてしまう可能性がある。そこで、請求項4記載の構成によれば、素子端部に備えた反射鏡の角度を45度からわずかに傾けている。そのため、基板と水平方向のストライプ状励起領域から発した光が、素子端部の反射鏡で反射されて基板面と平行な光取り出し面に達したとき、光取り出し面と直交しない。さらに光取り出し面で反射された光は再び素子端部の反射鏡で反射されるが、基板と水平な面に対してさらに大きく傾くことになる。このように、曲り導波路構造が共振器を形成しないため、レーザ発振をより有効に抑制できる。なお、斜め反射鏡の角

度は、素子内部を導波する光が反射鏡で全反射し、かつ光取り出し面において全反射しないような角度に設定しなければならない。

【0016】また、請求項5記載の素子によれば、ストライプ状の励起領域の軸方位と反射鏡面を形成した素子端面のなす角度を垂直に対してわずかに傾けている。これも、ストライプ状励起領域を導波した光が、素子端面反射鏡及び光取り出し面で反射されて再びストライプに戻って導波する光量を低減するため、レーザ発振を抑制する働きをする。そしてストライプの傾き角度は、光取り出し面で全反射が生じないような角度に選ぶ必要がある。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【実施例1】図1は、請求項1に記載したスーパーミッソセントダイオードの断面図である。図1に示す素子構造ではn型GaAs基板101の上に、n型AlGaAsクラッド層102、アンドープGaAs活性層103、p型AlGaAsクラッド層104、p型GaAsコンタクト層105が積層形成されている。また、図中符号109は、素子の両端部に形成した45度の角度を有する反射鏡であり、108は光取り出し面に形成されたSiO<sub>2</sub>反射防止膜である。そして、p型コンタクト層上にp側電極106、基板裏面にn側電極107が形成されており、素子に電流を注入するようになっている。本素子の励起領域は、端面発光型レーザダイオードと同様に基板と水平方向にストライプ状に形成されている。電流狭窄の手段としては、酸化膜ストライプ構造、リッジ構造、プロトン注入ストライプ構造、埋め込み構造など様々な方法を用いることが可能である。

【0018】図2は、図1に示したスーパーミッソセントダイオードの製造工程を示したものである。最初に、n型GaAs基板101上に、MOVPE(Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)法によりn型AlGaAsクラッド層102、GaAs活性層103、p型AlGaAsクラッド層104、p型GaAsコンタクト層105を順次エピタキシャル成長させる(図2(a))。クラッド層102、104の厚さは1.5μm、活性層103の厚さは0.1μm、コンタクト層105の厚さは0.3μmとした。

【0019】次に、ECR-RIBE(Electron Cyclotron Resonance-Reactive Ion Beam Etching)装置を用いて45度反射鏡109をドライエッチングで形成する(図2(b))。これは、反応性イオンビームの方向を基板面から所定の角度で傾けることにより、エッチング形状が基板面に対して45度になるようにしている。そして、素子の両端について基板の向きを変えて各々エッチングを行ない、合計2回のドライエッチングを行なった。尚、本実施例ではストライプ状励起領域の長さを2

50  $\mu\text{m}$ とした。

【0020】次に、光取り出し面となる45度反射鏡109の上方に位置するp型GaAsコンタクト層105をエッチングにより除去する。これは、コンタクト層105の材料が活性層103と同じGaAs材料であるため、光が吸収されてしまうことを避けるために行なう。その後、コンタクト層103を除去した光取り出し面に、SiO<sub>2</sub>反射防止膜108を蒸着する(図2(c))。このとき、蒸着中に基板の光反射率をモニターしながら行なうことにより、膜厚が1/4波長となるように制御性よく形成することができた。最後に、電流注入を行なうストライプ状励起領域に対応したp型コンタクト層105上にp側電極(Au-Zn/Au)106を、また基板101裏面にn側電極(Au-Ge/Ni/Au)107を真空蒸着で形成する(図2(d))。

【0021】図1、図2に示した構造によれば、基板面と水平方向にストライプ状の励起領域を有している。そのため、従来の端面発光型スーパーミネセントダイオードと同様に増幅距離が長くなっており、自然放光の増幅率が大きい。そして、素子端部に備えた45度反射鏡109は、ストライプ状励起領域を導波してきた光を全反射により基板面の上方に曲げる働きをする。これにより、素子端部の両側の光を基板101と垂直方向に取り出すことができる。従って、従来の端面発光型スーパーミネセントダイオードよりも2倍の光量を使うことができる。また、本構造は2次元アレイ化が可能であり、2次元アレイにすることにより全光出力は更に高出力となる。そして、光取り出し面に形成したSiO<sub>2</sub>反射防止膜108は、厚さを1/4波長に制御することにより、反射率を1.2%まで低減している。これにより、レーザ発振を抑制してスーパーミネセントダイオードとして動作させている。

【0022】【実施例2】図3は、請求項2に記載したスーパーミネセントダイオードの断面図である。図3に示す素子構造では、n型InP基板301上に、n型InPクラッド層302、アンドープInGaAsP(1.5  $\mu\text{m}$ )活性層303、p型InPクラッド層304、p型InGaAsP(1.3  $\mu\text{m}$ )コンタクト層305が形成されている。また、図中符号106、107はそれぞれ、p側電極とn側電極である。本素子においても45度反射鏡109が素子端部に形成されているが、実施例1と逆方向を向いている。そのため、ストライプ活性層を導波した光は、45度反射鏡109で全反射されて、基板301の下方向に曲げられる。そして、光は基板301を透過して、基板裏面から取り出される構成となっている。これにより、実施例1の素子に比べて、光取り出し面積を大きくすることができる。また、基板材料としてInPを用いており、活性層のInGaAsPよりも禁制帯幅が小さくなっている。従って、4

5度反射鏡109で反射された光が基板301を通過するときに、基板301での光吸収はほとんどなく、有効に光を外に取り出すことができる。また、光取り出し面が基板裏側で有ることに伴い、レーザ発振を抑制する反射防止膜108も基板裏面に形成されている。

【0023】【実施例3】図4は、請求項3に記載したスーパーミネセントダイオードの断面図である。図4に示す素子構造では、基板として半絶縁性GaAs基板401を用いていることが特徴となっており、この半絶縁性GaAs基板401上に、n型GaAsコンタクト層402、n型AlGaAsクラッド層102、活性層403、p型AlGaAsクラッド層104、p型GaAsコンタクト層105が順に積層されている。活性層403としては、InGaAs/GaAs歪多重量子井戸構造を採用している。量子井戸層であるIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Asの層厚は8nm、バリア層であるGaAs層の層厚は7nmであり、井戸数を3個とした。この歪量子井戸活性層403の発光波長は0.98  $\mu\text{m}$ となっており、GaAs基板401よりも禁制帯幅が小さく、基板401に対して透明である。p側電極106は、ストライプ状励起領域に対応したp型GaAsコンタクト層105上に形成されている。一方、n側電極107は、45度反射鏡109作製時にエッチングされて表面を露出させたn型GaAsコンタクト層402上に形成されている。45度反射鏡109は実施例2と同じ向きに構成しており、光を基板裏側から取り出すようになっている。この45度反射鏡109のエッチングをする場合に、エッチング角度に加えてエッチング深さも制御して、エッチング底面がn型コンタクト層402となるようにする必要がある。このように、p側電極106、n側電極107の両方が半絶縁性基板401の表面側に形成されており、光取り出し側である基板裏面には光を遮光する電極がない構造となっている。そのため、基板401と水平方向に導波してストライプ活性層で増幅された自然放光に加えて、面発光型発光ダイオードと同様に面方向に発光する自然放光も合わせて取り出すことが可能となり、光出力が向上する。また、反射防止膜108は基板裏側の全面に形成でき、パターニングを行なう必要がないので、プロセスが簡略化される。

【0024】【実施例4】図5は、請求項4に記載したスーパーミネセントダイオードの断面図である。図5に示す素子構造では、実施例1の素子と同様に、基板の上方に光を取り出す構成となっている。実施例1の素子と異なっている点は、素子端部に備えた反射鏡501の角度を45度からわずかに傾けていることである。本実施例では、基板面と斜め反射鏡のなす角度( $\theta$ )502を48度とした。そのため、基板と水平方向のストライプ状励起領域から発した光は、素子端部の斜め反射鏡501で全反射されて、光取り出し面に対して、 $2\pi - 2\theta$ の角度で入射することになる。この光取り出し面

には反射防止膜108を形成しているが、完全に反射率を零にすることは困難であり、約1%の反射が存在する。光取り出し面で反射された光は、再び素子端部の斜め反射鏡501で反射されて、素子内部に戻っていく。しかし、このとき基板面に対して、 $4\theta - 2\pi$ の角度だけ傾くことになる。従って、戻り光はストライプ状励起領域には戻らない。このように、戻り光がストライプ状の活性層に入らず、曲り導波路構造が共振器を形成しないため、励起を強くしていてもレーザ発振が生じなくなり、より高い電流領域までスーパーミネッセントダイオードとして使用可能である。尚、反射防止膜108の厚さは、斜め入射に対して反射率が最低となるように、その厚さを制御した。また、本実施例では素子端部の両側の斜め反射鏡501の角度を45度からずらしたが、共振器を構成しなければよいので、どちらか一方の斜め反射鏡501の角度を45度からずらしてもよい。

【0025】【実施例5】図6は、請求項5に記載したスーパーミネッセントダイオードの実施例であり、同図(a)はスーパーミネッセントダイオードの上面図、同図(b)はスーパーミネッセントダイオードの断面図である。図6(b)に示すように、断面構造は実施例2に示した素子と同様な構造であるが、本実施例では2次元アレイを構成している。X方向の並びは45度反射鏡109により分離されており、Y方向の並びはプロトン注入602を行なうことにより電氣的に分離してストライプ状励起領域601を形成している。スーパーミネッセント光は、45度反射鏡109で曲げられて基板301裏側から取り出される。本実施例における特徴は、ストライプ状励起領域601のストライプ方向が素子端面に垂直な方向から $\phi$  (例えば、 $\phi = 5$ 度)だけ傾けていることにある。このため、ストライプ状励起領域601で増幅された自然放光は、45度反射鏡109においてZ方向の成分は垂直に曲げられるが、Y方向成分は $2\phi$ だけずれて反射される。そのため、基板裏側の反射防止膜108でわずかに反射された光は、もとのストライプ状励起領域601にはほとんど戻らない。従って、高電流注入においてもレーザ発振することなく、高出力のスーパーミネッセント光が得られる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1記載のスーパーミネッセントダイオードは、基板面と水平方向にストライプ状に形成された励起領域を有しているため、端面発光型スーパーミネッセントダイオードと同様に高い自然放光の増幅が可能であり、かつ、素子端部に備えた45度反射鏡により基板面の上方向に光を取り出す構造であるため、2次元アレイ化に適している。従って、高出力のスーパーミネッセント光が得られる。また、基板平面と平行な光取り出し面に形成した反射防止膜は、作製が容易であり膜厚の制御性もよい。従って、安定した低反射膜を得ることができ、レー

ザ発振を抑制できる。

【0027】また、請求項2記載のスーパーミネッセントダイオードのように、光を45度反射鏡で曲げて基板の裏面から取り出す場合には、光取り出し面積を大きくすることができるため、より高出力が得られる。尚、活性層に用いている材料の禁制帯幅は、基板よりも小さくしているため、基板通過時における光の吸収はほとんどない。

【0028】そして、請求項3記載のスーパーミネッセントダイオードのように、半絶縁性基板を用いて第1導電側電極、第2導電側電極の両方を基板の表面側に形成する場合には、光取り出し側である基板裏面に光を遮光する電極がなくなる。従って、光取り出し面積をさらに大きくすることができ、高出力化が可能である。

【0029】また、請求項4記載のスーパーミネッセントダイオードのように、素子端部に備えた反射鏡の角度を45度からわずかに傾けることにより、曲り導波路構造が共振器を形成しないため、高い電流注入領域でもレーザ発振を抑制することができ、高出力のスーパーミネッセント光が得られる。

【0030】また、請求項5記載のスーパーミネッセントダイオードのように、ストライプ状の励起領域の軸方位と反射鏡面を形成した素子端面のなす角度を垂直に対してわずかに傾けることによっても、ストライプ状励起領域を導波した光が素子端面反射鏡及び光取り出し面で反射されて再びストライプ状励起領域に戻って導波する光量を低減できる。これにより、レーザ発振を抑制して高出力のスーパーミネッセントダイオードとして動作させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例によるスーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例によるスーパーミネッセントダイオードの製造工程を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例によるスーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例によるスーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図5】本発明の第4の実施例によるスーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図6】本発明の第5の実施例を示す図であり、(a)はスーパーミネッセントダイオードの上面図、(b)はスーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図7】第1の従来例である端面発光型スーパーミネッセントダイオードの断面図である。

【図8】第2の従来例を示す図であり、(a)は端面発光型スーパーミネッセントダイオードの斜視図、(b)は端面発光型スーパーミネッセントダイオードの透視上面図である。

【図9】第3の従来例である面発光型スーパーミネッ

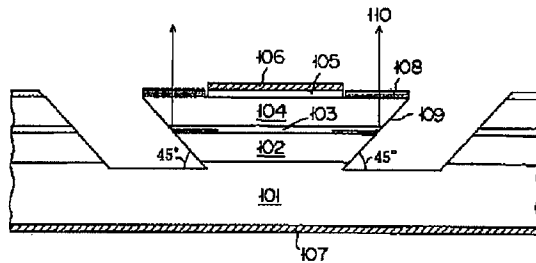
11

セントダイオードの断面図である。

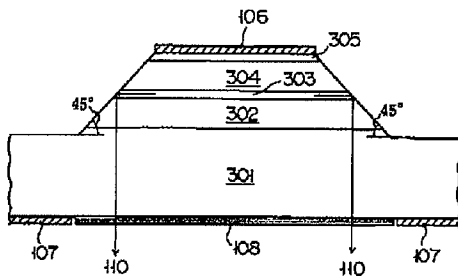
【符号の説明】

- 101: n型GaAs基板  
 102: n型AlGaAsクラッド層  
 103: アンダーープGaAs活性層  
 104: p型AlGaAsクラッド層  
 105: p型GaAsコンタクト層  
 106: p側電極  
 107: n側電極  
 108: 反射防止膜  
 109: 45度反射鏡  
 110: 出射光  
 301: n型InP基板

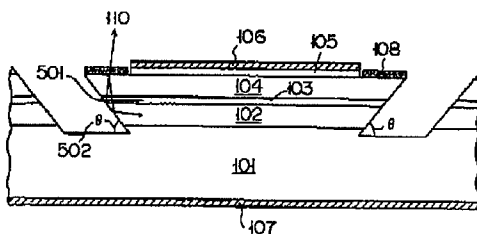
【図1】



【図3】



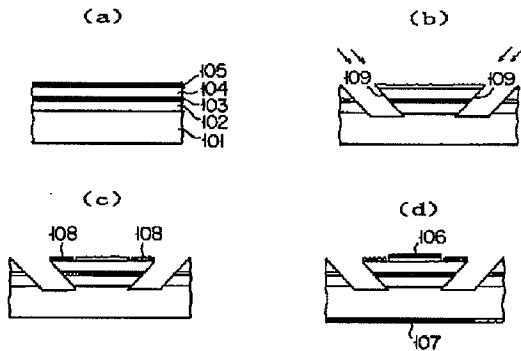
【図5】



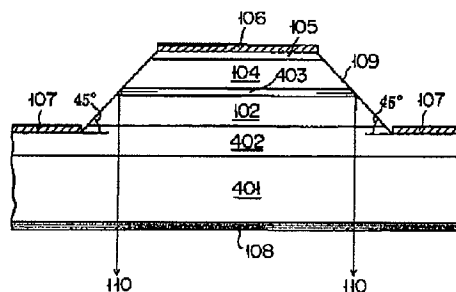
12

- 302: n型InPクラッド層  
 303: アンダーープInGaAsP活性層  
 304: p型InPクラッド層  
 305: p型InGaAsPコンタクト層  
 401: 半絶縁性GaAs基板  
 402: n型GaAsコンタクト層  
 403: InGaAs/GaAs 歪多重量子井戸活性層  
 501: 斜め反射鏡  
 502: 基板面と斜め反射鏡のなす角度 $\theta$   
 601: ストライプ状励起領域  
 602: プロトン注入領域  
 603: 素子端面に垂直な方向とストライプ軸方向のなす角度 $\phi$

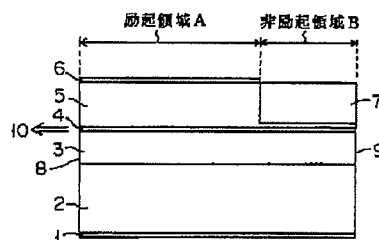
【図2】



【図4】

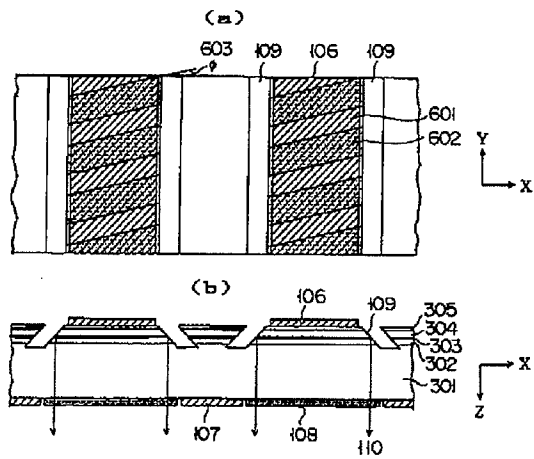


【図7】

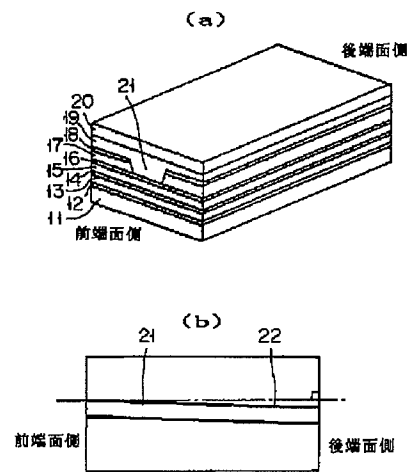




【図6】



【図8】



【図9】

